P. coronans Wall. — Yen Bay (293).

Acrostichum aureum L. — Quang Yen (300).

Stenochlæna palustris Bedd. (Acrostichum scandens Hook.) — Hanoï (350).

Leptochilus zeylanicus C. Chr. (Acrostichum quercifolium Retz.) — Hanoï (470).

Siège des excitations de fermeture dans un nerf excité par la méthode unipolaire,

par MM. H. Cardot et H. Laugier.

Si on excite par un courant de pile une préparation neuromusculaire, telle que le gastrocnémien et le sciatique correspondant d'une Grenouille, au moyen de deux électrodes identiques placées sur le nerf, on sait que, au moment où l'on atteint les seuils, l'excitation de fermeture se produit à la cathode, celle d'ouverture à l'anode. Si, au lieu de ce dispositif d'excitation bipolaire, on emploie le procédé monopolaire consistant à placer seulement une électrode sur le nerf et l'autre sur le muscle, on admet généralement que la première électrode, en contact avec le nerf par une surface petite et bien définie, est seule active, au moins dans la limite des intensités usuellement employées; on l'appelle fréquemment électrode active ou différente. Au contraire, l'autre électrode, qui se trouve en réalité à la jonction du nerf et du muscle, a une surface de contact large et mal définie, et la densité du courant est assurément plus faible à son niveau qu'à l'électrode nerveuse; on qualifie généralement cette électrode diffuse d'inactive ou d'indifférente. *A priori,* il est évident que, quand l'électrode nerveuse est la cathode, le processus d'excitation à la fermeture se produit toujours à son niveau, comme cela avait lieu en excitation bipolaire. Mais quand cette électrode nerveuse est l'anode, le problème est plus délicat. Si habituellement l'excitation de fermeture a lieu à la cathode (fermeture cathodique des auteurs), il est possible que, pour des intensités élevées, il se produise aussi une semblable excitation à l'anode (fermeture anodique des auteurs). Or, en prenant la cathode comme électrode musculaire, on tend à élever beaucoup l'intensité correspondant au seuil de fermeture cathodique. Dans ces conditions, il est donc possible que le seuil de fermeture anodique apparaisse avant le cathodique. De fait, il est classique d'admettre, tant en physiologie expérimentale qu'en électrothérapie, que l'excitation obtenue en prenant l'anode comme électrode différente est une fermeture anodique; comme on trouve, dans ce cas, un seuil plus élevé que quand l'électrode différente est négative, on exprime ce fait en disant

que le seuil de fermeture cathodique est plus bas que le seuil de fermeture anodique ; c'est la formule : NFS > PFS de l'électrophysiologie humaine.

Si cette conception classique est exacte, c'est-à-dire si l'excitation de fermeture se produit toujours à l'électrode nerveuse, une modification de l'excitabilité du tissu à ce niveau doit entraîner une variation des caractéristiques de l'excitabilité aux fermetures, que l'électrode nerveuse soit positive ou négative.

Rappelons que les travaux de M. et L. Lapicque [1] et de Keith Lucas [2] ont montré que les caractéristiques pouvant servir à définir l'excitabilité d'un tissu sont, d'une part, l'intensité liminaire (ou, à résistance constante, le voltage), c'est-à-dire celle qui donne le seuil quand on fait des fermetures de courants rectangulaires indéfiniment prolongés ; d'autre part intervient une certaine vitesse d'excitabilité du tissu considéré. En particulier, l'inverse de cette vitesse d'excitabilité (chronaxie de Lapicque) peut se mesurer expérimentalement d'une façon simple, dans le cas de décharges de condensateurs : on détermine d'abord le voltage liminaire ci-dessus défini, puis on cherche quelle est la capacité qui donne le seuil de l'excitation, quand on la charge avec le double de ce voltage. Cette capacité mesure, à un facteur constant près, la chronaxie. Or cette caractéristique, ainsi que le montrent les recherches des auteurs précédents [3] et de G. Filon [4], diminue quand la température s'élève, et cette variation est réversible. Il en résulte immédiatement une conséquence pour le point de vue qui nous intéresse : quand l'électrode nerveuse est positive, si le processus d'excitation s'effectue bien au niveau de l'anode, une variation de température, localisée à cette région, amènera une variation de chronaxie. Si l'excitation a lieu, au contraire, à l'autre électrode, la variation de température à l'anode n'altérera pas la valeur de la chronaxie. La réponse à la question de la fermeture anodique va donc être immédiatement fournie par l'expérience.

EXPÉRIENCE DU 7 DÉCEMBRE 1911.

Sciatique et gastrocnémien de *Rana esculenta* L. — Le muscle et le nerf isolés des centres sont placés dans deux petites chambres de paraffine isolées thermiquement.

[1] M. et L. Lapicque, *C. R. A. S.,* 11 mai 1903, 20 mars 1905. — *Soc. de Biol.,* 4 avril et 25 juillet 1903, 18 mars 1905, 26 mai et 9 juin 1906, 24 juillet 1909. — *Rev. gén. des Sciences,* 15 février 1910.

[2] Keith Lucas, *Journ. of Physiol.,* 1906 : t. 34, p. 372 ; t. 35, p. 103, 320 ; 1907, p. 113 ; 1908, p. 458 ; 8 mars 1910.

[3] M. et L. Lapicque, *Soc. de Biol.,* 12 janvier 1907 ; Keith Lucas, *Journ. of Physiol.,* 1907, t. 36, p. 334.

[4] G. Filon, *Journ. de Physiol. et de Path. gén.,* janvier 1911.

Excitation par décharges de condensateurs. Électrodes impolarisables, vérifiées égales au galvanomètre. Résistance du circuit de décharge : 10^4 ohms dont 3×10^3 shuntent le nerf. Le nerf, à l'intérieur de sa chambre, repose sur une des électrodes par une surface très petite ($2 - 3$ mill. q.); au même niveau passe, perpendiculairement au nerf, un tube de verre de 2 millimètres de diamètre environ, dans lequel circule de l'eau à une température donnée, de façon à pouvoir faire varier la température de la région de l'électrode nerveuse, qu'un inverseur de courant permet de rendre positive ou négative à volonté. Le muscle dans sa chambre, est plongé dans une solution physiologique [1] restant à une température fixe de 10°; la seconde électrode vient plonger dans cette solution.

Voici, dans ces conditions, les résultats expérimentaux :

HEURES.	TEMPÉRATURE de L'ÉLECTRODE nerveuse.	ÉLECTRODE NERVEUSE NÉGATIVE.		ÉLECTRODE NERVEUSE POSITIVE.	
		Voltage liminaire.	Chronaxie.	Voltage liminaire.	Chronaxie.
	degrés.	volts.	farads 10^{-8}.	volts.	farads 10^{-8}.
9h 57m.....	13	0,22	9,5	0,28	8,5
10 5......	23	0,23	6,5	0,26	8,5
10 13......	14	0,20	9,5	0,25	8,5

On voit que, quand l'électrode nerveuse est la cathode, la chronaxie varie avec la température; donc l'excitation de fermeture se produit bien dans ce cas à la cathode (fermeture cathodique), résultat prévu. En revanche, quand l'électrode nerveuse est l'anode, la chronaxie reste invariable; donc la prétendue fermeture anodique ne se produit pas à l'anode : elle doit être, en réalité, une fermeture cathodique qui se passe du côté de l'électrode diffuse.

Pour s'en assurer, il suffit de réaliser la contre-épreuve consistant à chauffer l'électrode diffuse, c'est-à-dire le muscle; on fait, pour cela, circuler dans la chambre où il est logé la solution physiologique à différentes températures. Pendant cette partie de l'expérience la température du nerf reste à 13°. (Voir tableau page suivante.)

Le résultat est exactement l'inverse du précédent; la chronaxie varie avec la température quand l'anode est sur le nerf, c'est-à-dire quand la cathode est au muscle. Dans le cas contraire, la chronaxie présente seulement un léger abaissement systématique complètement indépendant de la température du muscle. Il est donc bien légitime de conclure que *dans l'excitation monopolaire, il n'y a pas d'excitation de fermeture anodique. Dans tous les cas, l'excitation de fermeture se produit à la cathode.* Lorsque l'élec-

[1] NaCl, 6 gr.; KCl, 0 gr. 15; $CaCl^2$, 0 gr. 12; H^2O dist., 1000 gr.

trode diffuse est négative, le seuil est généralement plus élevé que quand la cathode est sur le nerf, ce qui s'explique aisément par des considérations de densité du courant. Mais les phénomènes d'inversion (PFS > NFS) apparaissent sous un jour nouveau, puisque, contrairement à l'opinion classique, les deux seuils NF et PF caractérisent l'excitabilité de deux régions différentes du tissu excité pour une même espèce d'excitation (fermeture cathodique).

HEURES.	TEMPÉRATURE de L'ÉLECTRODE diffuse.	ÉLECTRODE NERVEUSE NÉGATIVE.		ÉLECTRODE NERVEUSE POSITIVE.	
		Voltage liminaire.	Chronaxie.	Voltage liminaire.	Chronaxie.
	degrés.	volts.	farads 10^{-8}.	volts.	farads 10^{-8}.
$11^h\ 5^m$.....	8,5	0,20	12,5	0,37	8,5
11 13......	23	0,20	11,5	0,35	6,5
11 18......	23	0,21	10,5	0,37	5,5
11 30......	8	0,28	10,0	0,36	9,5
11 33......	8	0,28	9,5	0,37	9,5

En ce qui concerne le vocabulaire, il importe d'éviter les termes d'électrode active ou inactive, différente ou indifférente, qui ne correspondent en aucune façon à la réalité. Les qualificatifs de diffuse et nerveuse, appliqués aux électrodes, nous semblent satisfaisants en ce qu'ils ne préjugent en rien du rôle qu'elles jouent dans le processus d'excitation.

Ajoutons que les expériences précédentes fournissent, au point de vue théorique, une intéressante donnée. Les conceptions actuelles (Nernst, Ostwald) font dépendre l'excitation de fermeture d'une variation de concentration des ions au niveau de membranes imparfaitement semi-perméables. Or les phénomènes possibles à partir de la fermeture d'un courant sont : à l'anode, une augmentation des ions négatifs, une diminution des ions positifs; à la cathode, une augmentation des ions positifs, une diminution des ions négatifs. Comme toute excitation de fermeture a, d'après ce qui précède, son siège à la cathode, on est en droit d'affirmer que l'excitation de fermeture est liée, soit à une augmentation de concentration des ions positifs, soit à une diminution de concentration des ions négatifs, mais non aux variations inverses de concentration.

(Travail du laboratoire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle.)